DYNAMIK UND PRÄZISION



BASF

Compact-Cassetten und ihre Qualitätsmerkmale

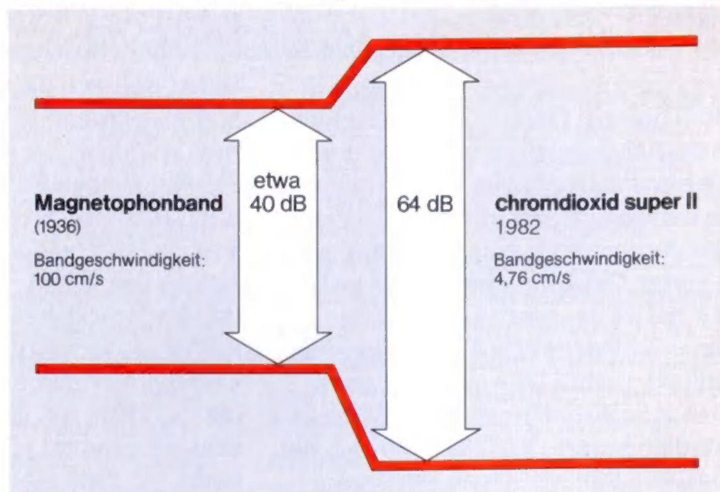
Welche Cassette für welchen Zweck? Das ist der Kern vieler an BASF gestellten Fragen. Eine allgemeingültige Antwort gibt es leider nicht, vielmehr ist eine Gegenfrage nötig: Was soll überhaupt aufgenommen werden, worauf kommt es besonders an? Und: es versteht sich, daß Überspielungen etwa von historischen Schallplatten andere Ansprüche an die Cassette stellen als die modernster Aufnahmen. Ist das aber wirklich so selbstverständlich? Wer hier – durchaus zulässige – Einwände hat, weil das Problem immer wieder anders aussieht, wird verstehen, warum die Antwort je nach den Gegebenheiten verschieden ausfällt.

Packen wir das Thema einmal anders an: Was ist „anspruchsvolle Musik" aus der Sicht der Tonbandtechnik? Hier gibt es schon konkretere Antworten: Je weiter die Lautstärkespanne zwischen den lautesten und leisesten Stellen der Musik, je größer also die Dynamik ist, umso stärker sind die technischen Fähigkeiten eines Cassettenbandes gefordert. Das Klangbild der Musik ist zu berücksichtigen, das heißt, je heller der Klang, je stärker also die „Obertöne" oder „Harmonischen" vertreten sind, desto mehr wird von der Cassette verlangt. Darum ist – immer technisch gesehen – diejenige Musik am anspruchsvollsten, bei der große Dynamik und ein besonders helles Klangbild zusammentreffen. Beispiele für solche Aufnahmen sind leicht zu finden: in Hifi-Fachzeitschriften als Referenzschallplatten der Redaktion oder unter den entsprechend beurteilten Plattenaufnahmen. Bei diesen technisch anspruchsvollen Aufnahmen handelt es sich in aller Regel um Musik, die ernstgenommen oder, besser gesagt, konzentriert gehört werden will. Hintergrund- oder Tanzmusik zeichen sich nicht zuletzt dadurch aus, daß hier Lautstärkeunterschiede nicht so ausgeprägt sind – die Dynamik ist also geringer. Dementsprechend wird die Cassette leichter mit Musik niedriger Dynamik zurechtkommen.

Natürlich haben sich die Fähigkeiten der Cassetten nach den Ansprüchen der Musik zu richten, wenigstens in der Therorie. Denn in der Praxis kommen, besonders bei Musik für große Besetzung oder beim Konzertflügel, Dynamikwerte vor, die eine Cassette hart fordern oder sogar überfordern können. Die Aufnahmetechnik im Studio hat es da zwar etwas leichter, denn professionelle Tonbandgeräte (mit 38,1 cm/s oder gar 76,2 cm/s Bandgeschwindigkeit und modernen Studiobändern, etwa SPR 50 LHL der BASF) haben da einige Reserven. Manchmal muß der Tonmeister die Dynamik einschränken. Wenn er mit der notwendigen Sorgfalt arbeitet, wird das kaum bemerkt. Für den Hörer zu Hause hat die Reduzierung einen großen Vorteil: stellt er die Lautstärke so ein, daß die leisen Musikstellen noch gut zu hören sind, könnten sonst „ungebremste" Fortissimo-Passagen leicht die berühmte Zimmerlautstärke überschreiten.

Compact-Cassetten und überhaupt alle Tonbänder haben also technische Grenzen, die den Aufzeichnungsspielraum abstecken. Beachtet man sie nicht, hat das ganz typische Folgen. Solche ungeschickt bespielten Cassetten geben Musik entweder hart und rauh wieder – sie ist verzerrt oder in den leisen Passagen ist ein dauerndes Zischeln zu hören – die Aufnahme ist verrauscht. Zum Glück sind die Aufnahmen in der Überzahl, die natürlich, frei und klar klingen; sie sind einwandfrei ausgesteuert. Das bedeutet: zwischen den Fähigkeiten der Cassette und den technischen Ansprüchen der Musik ist ein vernünftiger Kompromiß erreicht worden. Man kann zu Recht von Hifi, also hoher Wiedergabequalität, sprechen.

Abb. 1
So hat sich der Aufzeichnungsspielraum in fünfzig Jahren Magnetbandtechnik vergrößert.



Das Tonband in seiner heutigen Form ist gerade 50 Jahre alt: 1932 begann die intensive Entwicklungsarbeit der BASF Ludwigshafen, die 1934 zu den ersten praktisch verwendbaren ,,Magnetophon"-Bändern führte. Eine der frühesten Aufzeichnungen, Ausschnitte aus einem Konzert, das 1936 stattgefunden hat, ist erhalten. Die Aufzeichnungsqualität war der damaliger Schallplatten nahezu ebenbürtig. Der Unterschied zum heutigen Qualitätsstandard ist allerdings erstaunlich, vor allem die Dynamik könnte auch die bescheidensten Ansprüche nicht mehr erfüllen – sie ist auf nur etwa 40 dB zu schätzen. Moderne Compact-Cassetten erreichen (ohne elektronische Rauschminderung) rund 64 dB (Abb. 1). Dabei war im Jahr 1936 die Bandgeschwindigkeit 100 cm/s – das Tonband in der Compact-Cassette läuft etwa 20mal langsamer, nämlich 4,76 cm/s, also knapp fünf Zentimeter je Sekunde.

Faßt man die technische Entwicklung des Tonbandes von 1936 bis heute kurz zusammen, ist zu sagen: das Hauptziel war stets, die Dynamik der Bänder zu vergrößern, den Aufzeichnungsspielraum zu vergrößern, dabei das Band immer preiswerter und den ,,Platzbedarf" kleiner zu machen.

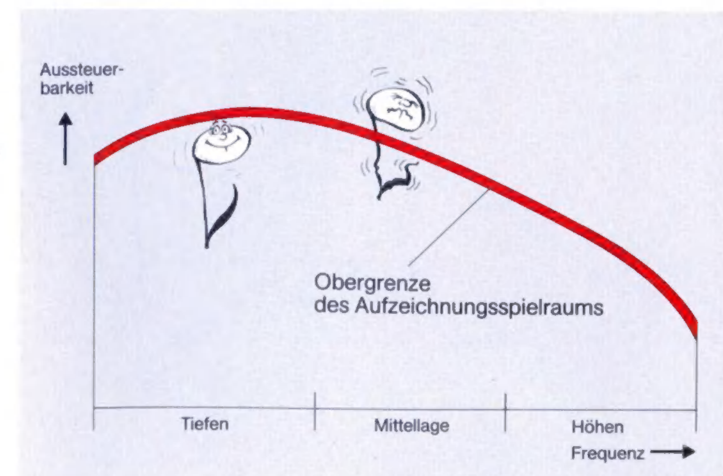
Dynamik

Der Aufzeichnungsspielraum und seine Grenzen

Wenn auch der Aufzeichnungsspielraum eines Tonbandes groß genug ist, um anspruchsvolle Musik fast unbeeinträchtigt in diese Spanne einzupassen, ist er doch begrenzt: Grundrauschen und Verzerrungen setzen Schranken.

Die Obergrenze ziehen Verzerrungen bei lauten Musikpassagen, wenn also der Klang hart, rauh, klirrend wird – technisch ausgedrückt: bei (zu) hoher Aussteuerung des Tonbandes (Abb. 2). Wo diese Grenze für Bandaufzeichnungen in Hifi-Qualität zu ziehen ist, wurde in umfangreichen Hörversuchen geklärt. Dementsprechend legen die ,,Hifi-Norm" DIN 45500 und die internationale Norm IEC 268 fest: Die vom Tonband ,,produzierten" Verzerrungen dürfen nur zu höchstens 3 % an der Wiedergabelautstärke beteiligt sein. Darum spricht man auch von ,,Vollaussteuerung beim Klirrfaktor 3 %".

Abb. 2
Obergrenze des Aufzeichnungsspielraums ist die Aussteuerbarkeit bei noch nicht störenden Verzerrungen (auch Vollaussteuerung genannt)



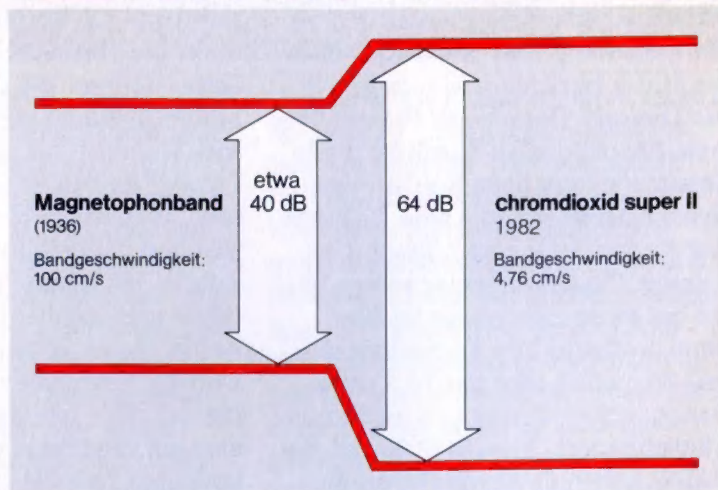


Abb. 1
So hat sich der Aufzeichnungsspielraum in fünfzig Jahren Magnetbandtechnik vergrößert.

Das Tonband in seiner heutigen Form ist gerade 50 Jahre alt: 1932 begann die intensive Entwicklungsarbeit der BASF Ludwigshafen, die 1934 zu den ersten praktisch verwendbaren „Magnetophon"-Bändern führte. Eine der frühesten Aufzeichnungen, Ausschnitte aus einem Konzert, das 1936 stattgefunden hat, ist erhalten. Die Aufzeichnungsqualität war der damaliger Schallplatten nahezu ebenbürtig. Der Unterschied zum heutigen Qualitätsstandard ist allerdings erstaunlich, vor allem die Dynamik könnte auch die bescheidensten Ansprüche nicht mehr erfüllen – sie ist auf nur etwa 40 dB zu schätzen. Moderne Compact-Cassetten erreichen (ohne elektronische Rauschminderung) rund 64 dB (Abb. 1). Dabei war im Jahr 1936 die Bandgeschwindigkeit 100 cm/s – das Tonband in der Compact-Cassette läuft etwa 20mal langsamer, nämlich 4,76 cm/s, also knapp fünf Zentimeter je Sekunde.

Faßt man die technische Entwicklung des Tonbandes von 1936 bis heute kurz zusammen, ist zu sagen: das Hauptziel war stets, die Dynamik der Bänder zu vergrößern, den Aufzeichnungsspielraum zu vergrößern, dabei das Band immer preiswerter und den „Platzbedarf" kleiner zu machen.

Dynamik

Der Aufzeichnungsspielraum und seine Grenzen

Wenn auch der Aufzeichnungsspielraum eines Tonbandes groß genug ist, um anspruchsvolle Musik fast unbeeinträchtigt in diese Spanne einzupassen, ist er doch begrenzt: Grundrauschen und Verzerrungen setzen Schranken.

Die Obergrenze ziehen Verzerrungen bei lauten Musikpassagen, wenn also der Klang hart, rauh, klirrend wird – technisch ausgedrückt: bei (zu) hoher Aussteuerung des Tonbandes (Abb. 2). Wo diese Grenze für Bandaufzeichnungen in Hifi-Qualität zu ziehen ist, wurde in umfangreichen Hörversuchen geklärt. Dementsprechend legen die „Hifi-Norm" DIN 45500 und die internationale Norm IEC 268 fest: Die vom Tonband „produzierten" Verzerrungen dürfen nur zu höchstens 3 % an der Wiedergabelautstärke beteiligt sein. Darum spricht man auch von „Vollaussteuerung beim Klirrfaktor 3 %".

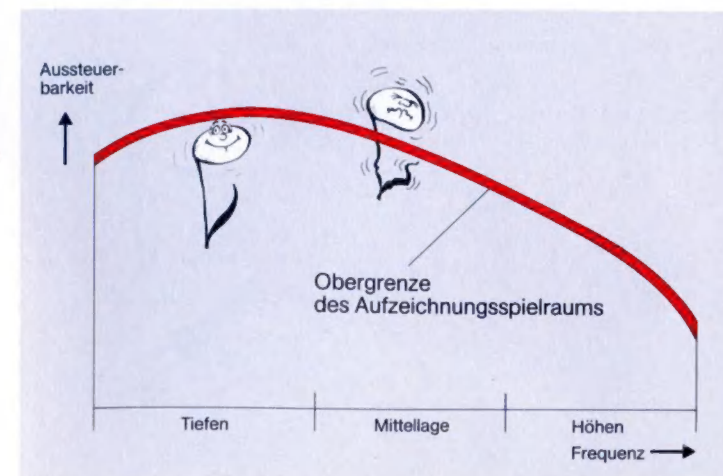


Abb. 2
Obergrenze des Aufzeichnungsspielraums ist die Aussteuerbarkeit bei noch nicht störenden Verzerrungen (auch Vollaussteuerung genannt)

Die Aussteuerbarkeitsgrenze eines Tonbandes ist allerdings nicht für alle Tonlagen gleich. Insbesondere wären ohne Vormagnetisierung die Tiefen und ohne Entzerrung die Höhen bis zur Unbrauchbarkeit benachteiligt. Diese technischen Maßnahmen stellen sozusagen die Mindestansprüche sicher. Wirkliche Hifi-Qualität ist aber nur mit Spitzen-Cassetten zu erreichen. Darum ist neben der Tiefenaussteuerbarkeit, die die Aufzeichnungsgrenze für tiefe Tonlagen angibt, die Höhenaussteuerbarkeit eines Cassettenbandes ein wichtiges Kennzeichen. Ist die Höhenaussteuerbarkeit gegenüber der Tiefenaussteuerbarkeit kleiner als vertretbar, kann es vorkommen, daß Musikpassagen in hohen Tonlagen eher an der Aussteuerungsgrenze „anstoßen" als die Tiefen. Die Folge ist ein topfiges, stumpf-verzerrtes Klangbild. Hochdynamische Musik mit hellem Klangbild gilt als technisch besonders anspruchsvoll, weil nur Spitzen-Cassetten Aussteuerbarkeitswerte im ausgewogenen Verhältnis aufzuweisen haben.

Musik, Gehör und Meßtechnik

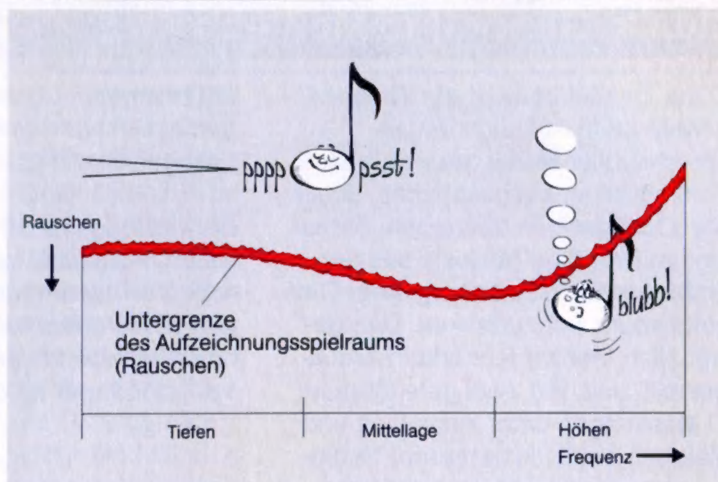
Ohne Zweifel beweist ein Tonband gerade beim Aufzeichnen anspruchsvoller Musik, was es leistet. Schließlich ist ein geschultes Gehör allen Meßgeräten überlegen; darum sind aufwendige Hörtests aus der umfassenden Beurteilung einer Cassette kaum wegzudenken. Daß gewöhnlich Meßwerte stärker herausgestellt sind, hat zwei gute Gründe:

- ○ Messungen unter sinnvollen und gleichen (reproduzierbaren) Bedingungen ergeben objektive Vergleiche, vorausgesetzt, es werden Meßverfahren benutzt, die mit dem Gehöreindruck übereinstimmende Ergebnisse liefern. Mit anderen Worten: mit Meßgeräten festgestellte Verbesserungen müssen vom Gehör bestätigt werden. Solche Meßverfahren beschreibt unter anderen die international verbindliche Norm IEC 94, von der noch die Rede sein wird.
- ○ Auch Tonbänder sind ausschließlich mit technischen Mitteln herzustellen. Sie können planmäßig nur weiterentwickelt werden, wenn Verbesserungen „objektiv" erfaßt, also gemessen werden können. Beim heutigen Stand der Tonbandtechnik ist es fast die Regel, daß ein einzelner Entwicklungsschritt keinen „dramatischen" Fortschritt zeitigt. Erst mehrere Stufen zusammengenommen bringen eine Verbesserung, die auch ohne unmittelbaren Vergleich mit dem Vor-Vorgänger hörbar wird.

Abb. 3



Abb. 4
Das Rauschen eines Cassettenbandes zieht die Untergrenze des Aufzeichungsspielraums



Natürlich bemüht sich jeder Tonband-Entwickler, seinen Erzeugnissen möglichst hohe Tiefen- und eine angemessene, an den Anprüchen kritischer Musik orientierte Höhen-Aussteuerbarkeit zu geben. Doch damit allein ist es nicht getan, denn ein Tonband zeigt neben der Obergrenze des Aufzeichnungsspielraums auch eine Untergrenze: sie wird von dem unvermeidlichen Grundrauschen gezogen. Es verdeckt allzu leise Musikpassagen, die daher verlorengehen, zumindest aber beeinträchtigt werden. Deshalb muß zwischen den leisesten Musikstellen und dem Grundrauschen ein möglichst großer Abstand bleiben.

Abb. 5
Je größer der Abstand zwischen den leisesten Musikstellen und dem Bandrauschen, desto besser

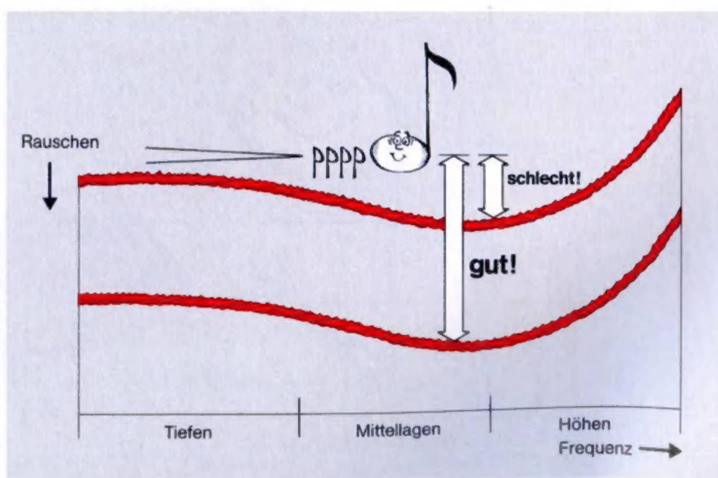
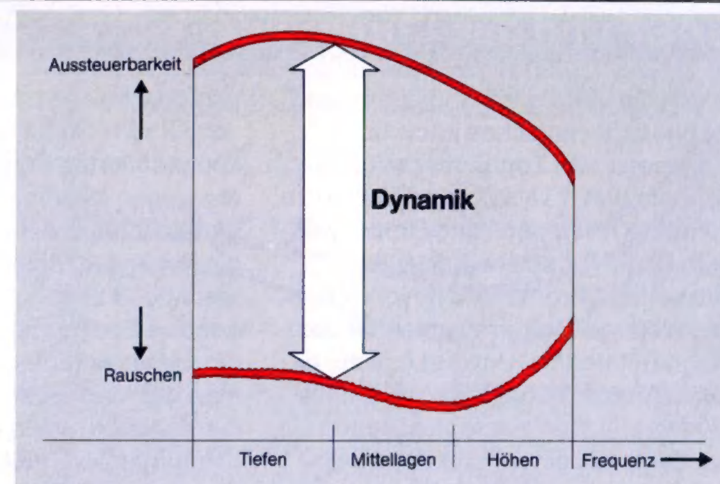


Abb. 6
Dynamik eines Magnetbandes ist der Aufzeichnungsspielraum zwischen Aussteuerbarkeit und Bandrauschen



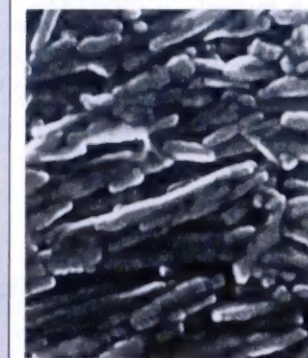
Die Spanne zwischen Vollaussteuerung und dem Grundrauschen (siehe Anmerkung Seite 44) wird offiziell „Geräuschspannungsabstand" genannt. Selbst wenn man diesen technisch korrekten Zungenbrecher zu „Geräuschabstand" verkürzt, sagt er Nichteingeweihten weniger als der gängige Begriff Dynamik. Man nimmt dabei in Kauf, daß Dynamik in der Fachsprache der Musiker eine abweichende, in der der Physiker eine vollkommen andere Bedeutung hat.

Abb. 7
Unter dem Elektronen-Raster-Mikroskop werden die Magnetteilchen von Cassetten-Tonbändern sichtbar

Typische Oberfläche eines BASF chromdioxid-Bandes



Typische Oberfläche eines Chromsubstitut-Bandes



BASF und das Chromdioxid

BASF hat viel Forschungsarbeit und ihr chemotechnisches know how eingesetzt, um Tonbänder mit besonders hoher Dynamik herstellen zu können. Der wesentliche Grund, weshalb BASF für solche hochwertigen Cassetten Chromdioxid bevorzugt, ist das niedrige Grundrauschen dieses Magnetmaterials. Um die Ursache dafür zu finden, betrachten wir einmal die Oberflächen zweier Cassettenbänder unter einem Elektronen-Raster-Mikroskop (Abb. 7). Bei etwa 15.000facher Vergrößerung sind kleine, nadelförmige Teilchen zu erkennen: die magnetisierbaren Bausteine eines Tonbandes. Davon enthält es unvorstellbare Mengen: zwischen 500 und 1500 Milliarden laufen in jeder Sekunde über den Tonknopf. Trotz dieser wahrlich mikroskopischen Ausmaße kommt es auf die Größe der Teilchen stärker an als man meinen möchte. Besonders klein fallen die Magnetnadeln der reinen Chromdioxidbänder aus, wie der Vergleich in Abb. 7 zeigt. Schon um einiges größer sind die Magnetteilchen von Chrom-Substituten, d.h., von kobaltdotierten Eisenoxidbändern, die wegen ihrer magnetischen Eigenschaften zur Klasse der Chromdioxidbänder zählen. Nun hängt aber, wie Abb. 8 zeigt, unter den vorliegenden Bedingungen das Rauschen eines Cassettenbandes vom Volumen der Magnetteilchen ab: Je feiner die Teilchen, umso niedriger der Störpegel. Im Durchschnitt sind Chromdioxidteilchen gerade halb so voluminös wie die der kobaltdotierten Eisenoxidbänder, die daher um einiges auffälliger rauschen.

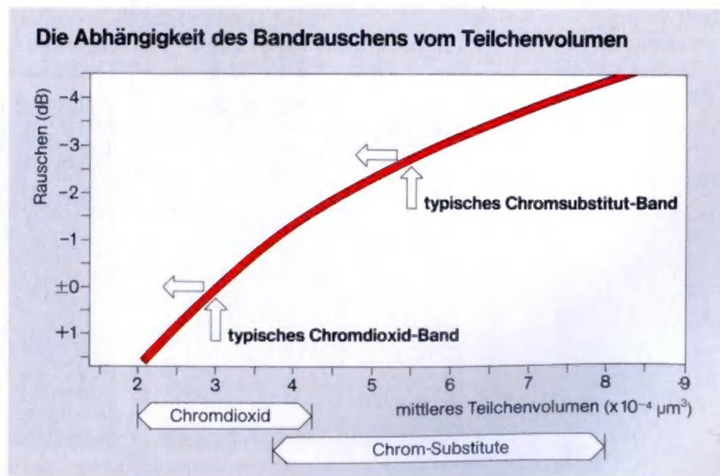


Abb. 8
Je kleiner die Magnetteilchen sind, umso unauffälliger wird das Bandrauschen

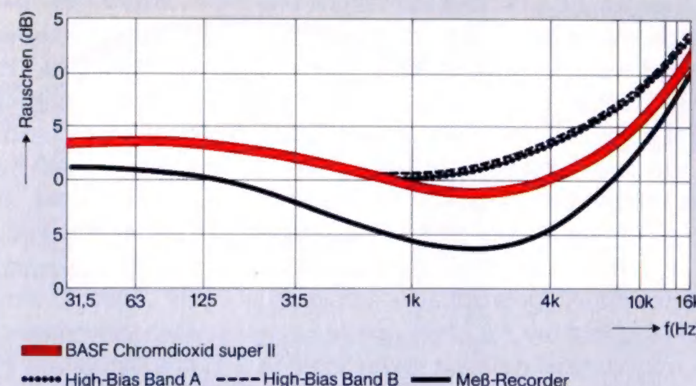
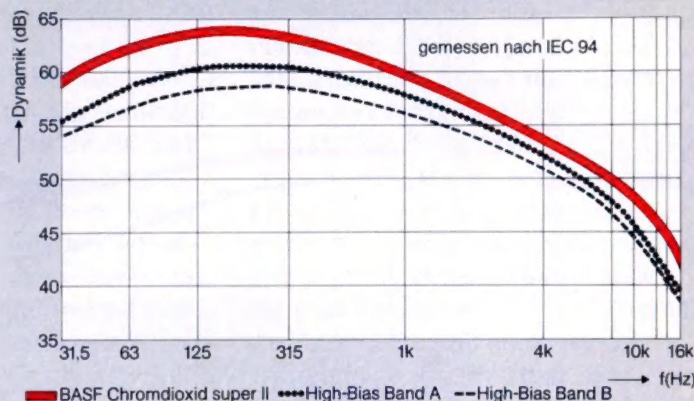


Abb. 9
Gerade in dem Tonhöhenbereich, in dem das Gehör am schärfsten ist, bleibt das Rauschen der Chromdioxid-Bänder deutlich unter dem Rauschpegel der Substitut-Bänder

Dreitausend Chromdioxidteilchen sind, hintereinandergelegt, gerade einen Millimeter (1 mm) lang. Ihre Form ist sehr gleichmäßig, darum lassen sie sich ordentlich dicht an dicht packen. Das Ergebnis ist: Chromdioxid-Bänder präsentieren sich mit einer sehr glatten Oberfläche, die sich eng an die Tonköpfe anschmiegt. So sichert, zusammen mit dem niedrigen Rauschen, die Oberflächenbeschaffenheit eine perfekte Wiedergabe auch der höchsten Tonlagen.

Rauschen und Rauschen ist zweierlei, wie Abb. 9 belegt. Erstens zeigt diese Darstellung einer aufwendigen Messung, daß das Rauschen nicht in allen Tonlagen gleich stark ist, sondern zu den Höhen hin ansteigt. Damit ist erklärt, warum das Cassettenbandrauschen (wenn man es versuchshalber bei voller Lautstärke abhört) vor allem hell zischt. Zweitens beweist Abb. 9: das Rauschen der Chromersatzbänder (Chromsubstitute) fällt deshalb stärker ins Gewicht, weil es anders zusammengesetzt ist als das der Rein-Chromdioxid-Bänder. Gerade in dem Tonhöhenbereich, in dem das Gehör am schärfsten ist, liegt das Chromdioxid-Rauschen deutlich niedriger als das der Substitute – bei ihnen sind die Verhältnisse deutlich ungünstiger.

Abb. 10
Mit dem vorrangigen Qualitätsmerkmal Dynamik übertrifft BASF chromdioxid super II auch modernste Chrom-substitut-Cassetten-tonbänder



BASF chromdioxid super II hat nicht nur ein unerreicht niedriges Grundrauschen, sondern auch eine respektabel hohe Aussteuerungsgrenze und damit eine bemerkenswerte Dynamik. Das zeigen Messungen der BASF (z.B. Abb. 10), und viele Tests namhafter Fachzeitschriften bestätigen: BASF chromdioxid super II liegt im Dynamikvergleich eindeutig vorn – mit allen Vorteilen für hochwertige Musikaufzeichnungen: kräftige, unverzerrte Bässe, kristallklare Höhen, geringstes Rauschen.

Hier möchten wir kurz auf die Frage zurückkommen: Welche Cassette für welchen Zweck? Eine Entscheidungshilfe finden Sie auf der Rückseite von BASF-Cassetten: dort sind die Dynamikkurven des vorliegenden Cassettenbandes und eines BASF-Vergleichstyps abgebildet. Je höher die Ansprüche der Musik und die individuellen Klangbild-Vorstellungen sind, desto größer sollte die Dynamik des Cassettenbandes sein.

Anmerkungen für Techniker

Die Vollaussteuerung von Cassettenbändern wird nach IEC 94 folgendermaßen gemessen: bei 315 Hz als der Signalpegel, bei dem der Klirrfaktor $K_3 = 3$ % ist, bei 10 kHz als der Signalpegel, bei dem das Band in die Sättigung gerät, d.h., die Grenzen seiner Aufnahmefähigkeit erreicht hat. Für Vergleichszwecke leisten diese Messungen gute Dienste. Allerdings ist die Bestimmung der Höhenaussteuerbarkeit nicht sonderlich praxisgerecht: steuert man nämlich ein Tonband in den Höhen tatsächlich bis in die Sättigung aus, sind erhebliche Verzerrungen die Folge.

Die Dynamikkurven in Abb. 10 wurden mit dem sogenannten Twin-Tone-Testverfahren ermittelt. Die Ergebnisse stimmen ebensogut mit dem Gehöreindruck überein wie mit der Messung der Vollaussteuerung bei 315 Hz und $K_3 = 3$ %. Wie der Name sagt, benutzt der Twin-Tone-Test zwei Meßsignale gleicher Größe (Amplitude) gleichzeitig. Damit nähert er sich der Praxis an, wo bekanntlich Klänge, die aus vielen Grundtönen und ihren Obertönen zusammengesetzt sind, eindeutig überwiegen. Das Twin-Tone-Verfahren benutzt die gleichen Verzerrungskriterien (Dämpfung der Intermodulationsprodukte 1. Ordnung von 26,6 dB, was einem Klirrfaktor von 3 % beim Ein-Frequenz-Signal entspricht) bei allen Meßfrequenzen. Das ergibt ein realistischeres Bild der Aussteuerbarkeit als zum Beispiel bei der Messung der Sättigung. Das Twin-Tone-Verfahren ist als Sonderfall der Intermodulationsmessung nach IEC 94, Teil 5, zu betrachten. Die jeweilige Dyna-

Abb. 11



mik ergibt sich als Differenz zwischen Twin-Tone-Aussteuerbarkeit und dem nach IEC 94 gemessenen Bandrauschen (A-Filter zur gehörrichtigen Bewertung, Effektivwertmessung).

Die Rauschkurven in Abb. 9 wurden mit Terzfiltern ermittelt. Die übliche Messung des Rauschens mit Bewertungsfilter im Bereich von 31,5 Hz bis ca. 18 kHz liefert für Vergleiche dem Gehöreindruck entsprechende Zahlenwerte, die aber nichts über die spektrale Verteilung des Rauschens aussagen.

chromdioxid super und seine Geschichte



Abb. 12

Spitzenleistungen der BASF wie chromdioxid super II kommen nicht von ungefähr. 1934 begann die Magnetbandfertigung in Ludwigshafen, und zwar mit einem Reineisenband – es ist alles schon einmal dagewesen. Allerdings ließen sich nach dem damaligen Stand der Technik Magnetmaterialien in der geforderten Feinteiligkeit und Stabilität nur als Eisenoxide herstellen. Sie bekamen, freilich ständig weiterentwickelt, erst dreieinhalb Jahrzehnte später Konkurrenz. Schon 1939 lieferte BASF fünf Millionen Meter Magnetophonband an die Rundfunkanstalten. 1953 brachte sie das erste Tonband für Heimtonbandgeräte heraus. Die nächsten zehn Jahre brachten Erfahrungen und Kenntnisse, um aus dem Hobby eines kleinen Kreises ein Aufzeichnungssystem für jedermann zu machen: Seit 1963, also von Anfang an, arbeitete BASF mit dem Compact-Cassetten-Entwickler Philips zusammen. 1971 lieferte BASF als einer der ersten Hersteller Chromdioxid-Compact-Cassetten, die HiFi-tüchtig waren.

Vorprodukte

Trägerfolie

Lösungsmittel

Lackpulver

leitmittel

Oxid

Benetzungsmittel

Oxid ohne- und mit Benetzungsmittel

Zwischen-produkte-Herstellung

1
1 t Lösungsmittel
im Tank aufheizen

Pumpe

Motor

Heizschlangen

Bindemittellösung

Rührwerk

2
200 kg Lackpulver
zugeben und verrühren

Förderschnecke

Filter

3
Zwischenlagerung

4
Binden tellösung
lager
vom T behälter
in Ans
pumpe

5
Oxid mit
Bindemittellösung
mischen

Kühlschlangen

Förderschnecke

Druck

6
Dispersion wird in kontinuierlich arbeitenden Mühlen
zwischen Glaskugeln von 2 mm Durchmesser gemahlen

Verklumptes Oxid
vor dem Mahlen

Aufbereitetes Oxid
nach dem Mahlen

Temperatur

7
Dispersionsabfüllung
für Beschichtung

Produktion

8
Reinigung der Folie

9
Elektrostatische
Entladung

10
Beschichten

11
Ausrichten der
Oxidstäbchen

Oxidstäbchen
vor und nach
magnetischer
Ausrichtung

12
Trocknen

ückgewinnung des
erdampfenden Lösungsmittels

13
Nachtrocknung
(Schwebetrocknung)

Luftdüsen

14
Prüfstationen

Optische und
magnetische
Schichtdicken-
messung

15
Kalandrieren
(Glätten, verdichten der Oberfläche)

ungeglättet

geglättet

Andruckwalze

Mit Papier bespannte Walze

Stahlwalze

16
Aufwickeln

Andruckwalze

Antriebsmotor

Fertigung

17
Schneiden

Splitten des
geschnittenen
Bandes

18
Wickeln

19
Elektronische Prüfung

20
Mechanische Prüfung

21
Konfektionieren

BASF

Reinigung

Optische Prüfung

Meterzähler

22
Einschweißen
in Kunststoffhüllen

23
Transport
zum Versandlager

Abb. 12a

Abb. 13
Chromdioxid herzustellen setzt erhebliche chemische und hochdrucktechnische Kenntnisse voraus. BASF setzt Chromdioxid nicht nur für Cassetten-Tonbänder, sondern auch für Videocassetten und selbst modernste Heimtonbänder (LPR 35 CR EE) ein



Heute produziert BASF Chromdioxid-Pigment als einziger namhafter Lizenznehmer der Firma Dupont (Wilmington/USA) selbst, und zwar im großtechnischen Maßstab und mit modernsten Verfahren. Das setzt umfangreiches chemisches Wissen und technische Erfahrung voraus. Denn Chromdioxid, CrO_2, entsteht nur unter dem enormen Druck von 400 bar – grob gesagt, bei 400 kg auf einen Quadratzentimeter – und einer Hitze von rund 500 Grad Celsius.

Das know how dieser extremen Hochdrucktechnik besitzen nur wenige Unternehmen. BASF ist aus gründlicher betriebseigener Erfahrung im Hochdruckbehälterbau seit Jahrzehnten international führend. Wegen dieser technologischen und chemischen Spezialkenntnisse brauchte BASF nicht auf Chromdioxid-Substitute auszuweichen, die zwar einfacher zu produzieren sind, aber den gewichtigen Nachteil höheren Rauschens haben.

1971 kam also das erste Chromdioxid-Cassettenband von BASF. 1973 wurde daraus die Charge C 401 R als DIN-Bezugsbandleerteil ausgewählt. 1977 gelang der BASF-Tonbandproduktion der große Wurf mit chromdioxid super, dem ersten Chromdioxid-Cassettenband mit „Super-Dynamik". chromdioxid super II nimmt auch heute, nach verschiedenen Verbesserungen, eine Spitzenstellung im BASF-Sortiment ein.

Normung und Kompatibilität

Als das Compact-System Anfang der sechziger Jahre entwickelt wurde, hieß das Ziel, ein Tonband-System vorzustellen, das so einheitlich sein sollte, wie nur möglich. Jede Cassette sollte auf jedem Recorder mit gleich guten Ergebnissen bespielt und wiedergegeben werden können. Darum hat man sich seit 1963 auf verbindliche Absprachen, etwa die Norm DIN 45516, geeinigt. Hier sind vor allem die Abmessungen der Cassette mit allen erlaubten Toleranzen angegeben. Die elektroakustischen Eigenschaften des Cassettenbandes sind in DIN 45513, Blatt 6 und 7, sowie in DIN 45500, Blatt 9, festgelegt. Vor wenigen Jahren schien es, als seien davon nur die genormten Abmessungen der Cassette übriggeblieben. Zwar paßt jede Cassette auf jeden Recorder, das heißt, mechanisch stimmt alles. Aber auf der elektrischen bzw. elektroakustischen Seite war von der Norm praktisch nicht mehr viel zu finden. Folge der rasanten, international vorangetriebenen Entwicklung des Compact-Cassetten-Systems war umfassende, internationale Verwirrung. Eine mißliche Situation nicht nur für alle Compact-Cassetten-Freunde, sondern auch für die Tonband- und Gerätehersteller! So war der wichtigste Ansatz, hier wieder Ordnung zu schaffen, ein gemeinsamer Beschluß, international verbindliche Fachnormen für die Tonbandtechnik auszuarbeiten. Voraussetzungen und Kernpunkte der Normung wollen wir hier kurz darstellen.

Es war bereits davon die Rede, daß ohne Hochfrequenz- Vormagnetisierung und Entzerrung hifi-gerechte (Analog-) Aufzeichnung auf Magnetband unmöglich ist. Keine der beiden Größen läßt sich aufs Geratewohl anpeilen. Die Vormagnetisierung beeinflußt Tiefen- und Höhenaussteuerbarkeit derart, daß die Höhenaussteuerbarkeit abnimmt, wenn die Tiefenaussteuerbarkeit zunimmt: also muß ein Kompromiß gefunden werden. Die Entzerrung soll vor allem einen geradlinigen Frequenzgang sicherstellen, das heißt, die gleichmäßige Wiedergabe aller Tonlagen. Übrigens wird die Entzerrung – sprich: die für einen geradlinigen Frequenzgang notwendige Höhenanhebung – etwa zu gleichen Teilen auf die Aufnahme und die Wiedergabe verteilt. Der Wiedergabe-Anteil ist genormt, seine Größe wird durch die „Zeitkonstante" beschrieben, meist 70 oder 120 µs*. Je größer die Zahl, umso stärker die Höhenanhebung. Die von Bandtyp zu Bandtyp unterschiedliche 'Restanhebung' ist dann Sache des (richtig eingemessenen) Aufnahmeverstärkers.

sprich Mikrosekunden

Übersichtlicher werden die Verhältnisse, wenn man die denkbare Vielfalt der möglichen Geräteeinstellungen sinnvoll einschränkt. Wie es sich schon lange in der Tonstudio- und Heimtonbandtechnik bewährt hatte, normte man zwei ,,Meßwerkzeuge", nämlich Bezugs- und Referenzleerbänder (früher Bezugsband-Leerteil). In der Praxis arbeitet man damit sinngemäß folgendermaßen:

Zuerst wird das Bezugsband abgespielt. Es enthält Meßsignale, die mit bekannter Frequenz und präzise eingehaltenem Pegel (was letztlich der Lautstärke entspricht) aufgezeichnet sind. Der Wiedergabeverstärker wird damit auf geradlinigen Frequenzgang eingestellt.

Dann kommt das Referenzleerband an die Reihe: Zunächst wird nach sinnvollen, in der Norm beschriebenen Kriterien der Arbeitspunkt eingestellt. Das ist der Wert des Vormagnetisierungsstroms, bei dem die Aussteuerbarkeitswerte, in Tiefen wie Höhen, im günstigsten Verhältnis zueinander stehen. Nun wird die Aufnahme-Entzerrung eingestellt, also die notwendige Höhenanhebung, die auf die Aufnahmeseite entfällt. (Ist zugunsten geringeren Aufwands die Höhenanhebung schaltungstechnisch fest vorgegeben, wird in der Praxis die Vormagnetisierung so variiert, daß der Über-alles-Frequenzgang geradlinig wird: geringere Vormagnetisierung gibt größere Höhenempfindlichkeit, und umgekehrt.) Fehlt noch die Einstellung der Empfindlichkeit: der Recorder wird so justiert, daß ein Eingangssignal festgelegter Stärke zu einer spezifizierten Aussteuerung des Tonbandes führt. Damit ist der Recorder normgerecht eingemessen. Er wird mit allen Tonbändern, die im wesentlichen dem Referenzband gleichen, optimale Ergebnisse liefern. Das heißt aber: nur dann, wenn Band- und Recordereigenschaften zusammenpassen, sind geradliniger Frequenzgang und ausgeglichene Dynamikwerte in Tiefen wie Höhen zu erreichen. Bezugs- und Referenzbänder sind im Lieferprogramm der BASF ausgiebig vertreten (Abb. 14).



Abb. 14
Leistungsfähigkeit beweist BASF nicht nur mit ihrem Compact-Cassetten-Sortiment, sondern auch mit präzisen, normgerechten Bezugs- und Einmeßband-Cassetten. Zu diesem Teil des Lieferprogramms gehören die weltweit verbindlichen Referenzleerbänder IEC I und IEC II

Abb. 15



International Electrotechnical Commission

Internationales Normungs-Gremium für die Elektrotechnik

Empfindlichkeit, Frequenzgang (genauer: die notwendige Höhenanhebung bei Aufnahme) und Arbeitspunkt (also die optimale Vormagnetisierung) haben strenggenommen mit der Qualität eines Bandes nichts zu tun. Was ein Tonband leistet, drückt sich vor allem in seiner Tiefen- und Höhen-*Dynamik* aus. Allerdings: was nützt das beste Band, wenn der Recorder damit nichts Rechtes anfangen, die Fähigkeiten des Bandes also gar nicht ausnutzen kann? Soll jedes Band auf jedem Recorder gut arbeiten, müssen die Meßwerte, die die Austauschbarkeit sicherstellen (sog. Kompatibilitätsdaten), möglichst gut mit denen des Referenzleerbandes übereinstimmen, mit dem der Recorder eingemessen wurde. Auf der Verpackungsrückseite der BASF-Cassetten sind neben der Dynamikkurve (siehe Seite 12) auch die nach IEC 94 gemessenen Frequenzgänge des jeweiligen Referenzleerbandes und des vorliegenden Cassetten-Typs dargestellt. Der bei einigen BASF-Casettentypen oberhalb etwa 8 kHz leicht ansteigende Frequenzgang kompensiert ungünstige Betriebsbedingungen, etwa als Folge von Alterserscheinungen der Tonköpfe.

Normung bringt also überall Vorteile. Freilich hat es keinen Sinn, wenn im einen Land Einzelheiten einer Norm anders geregelt sind als im anderen. Darum hat das internationale Normungsgremium für die Elektrotechnik, kurz IEC (International Electrotechnical Commission), die weltweit verbindlichen Empfehlungen IEC 94 – Aufzeichnungs- und Wiedergabe-Systeme für Tonbänder – zusammengestellt. BASF arbeitet seit langem engagiert in diesem Gremium mit.
Die Norm IEC 94 hat unmittelbare praktische Auswirkungen; vor allem wird sie den Compact-Cassetten-Freunden wieder eine bessere Übersicht geben. In Zukunft werden nämlich alle Cassetten in vier Gruppen mit meßtechnisch genau beschriebenen Kompatibilitäts-Eigenschaften eingeteilt:

IEC I	für Eisenoxidbänder
IEC II	für Chromdioxid-Bänder und Chrom-Substitute
IEC III	für Doppelschichtbänder Eisenoxid/Chromdioxid (FeCr)
IEC IV	für Metallpigment-(Reineisen)-Bänder

Nach gründlicher Vorarbeit wurden auch die Referenzleerbänder für jede der vier IEC-Klassen festgelegt. Sie sollen zukünftig ebenso zur Einmessung aller neugefertigten Recorder dienen wie auch als weltweit verbindliches Orientierungsmodell für die Tonbandproduktion aller Hersteller (soweit es um die Kompatibilitätsdaten Arbeitspunkt, Empfindlichkeit und Frequenzgang geht). Ein Erfolg auch für die BASF, der ihre Weltgeltung beweist: sie stellt sowohl das Eisenoxid-Referenzleerband IEC 1, Chargen-Bezeichnung R 723 DG, als auch das Chromdioxid-Referenzleerband IEC II mit der Chargennummer S 4592 A. Selbstverständlich garantiert BASF, daß ihre Cassetten auf entsprechend eingemessenen Recordern optimale Ergebnisse erzielen. Sie werden ohne weiteres im richtigen Arbeitspunkt betrieben, der Frequenzgang ist innerhalb anspruchsvoller Toleranzen geradlinig, die Anpassung an Rauschminderungssysteme ist unproblematisch (hier ist die korrekte Empfindlichkeitseinstellung oft sehr wichtig). Die günstigsten Dynamikwerte sind in Tiefen wie Höhen gesichert.

Ebenfalls in enger Zusammenarbeit mit IEC hat BASF die Bezugsbänder zur Einstellung der Wiedergabeverstärker, entsprechend den Zeitkonstanten 70 und 120 µs, auf den neuesten Stand gebracht. So verfügen jetzt Gerätehersteller wie Service-Werkstätten über zuverlässige Hilfsmittel, um alle Recorder den Forderungen der Norm IEC 94 anpassen zu können.

IEC I





IEC II







IEC III

IEC IV





Abb. 16
Das BASF Compact-Cassettensortiment auf einen Blick. Die BASF Chromdioxid Maxima II ist die BASF chromdioxid super II im exklusiven Design

Das Cassettengehäuse und sein Einfluß auf die Wiedergabequalität

Die modernen BASF-Cassetten sind Meisterleistungen des Kunststoff-Spritzgusses. Ober- und Unterteil passen nahtlos aufeinander, und die feinrauhe Oberflächenstruktur sieht sehr elegant aus. Das Gehäuse macht die Cassette handlich und schützt das Band vor Schmutz und Staub. Dies ist aber nicht seine technische Hauptaufgabe: es übernimmt vielmehr zum größten Teil die Bandführung. Wie ist das zu verstehen?

Sehen wir uns einmal eine Cassette an, wie sie im Recorder liegt. Worauf es ankommt, ist allerdings nur zu erkennen, wenn wir die obere Gehäuseschale abschrauben und den Lauf des Cassettenbandes verfolgen. In Abb. 18 ist der Kopfträger – ein bewegliches Bauelement, mit dem die Tonköpfe und die Andruckrolle für Aufnahme und Wiedergabe an das Tonband herangefahren werden – noch in Ruhelage. Das Band berührt im Vorderteil der Cassette nur die beiden Umlenkröllchen. Der Weg des Tonbandes ändert sich erheblich, wenn der Kopfträger herangefahren wird: nun läuft es fast wie auf einer Wellenlinie durch die Cassette (Abb. 19 und 20). Dabei berührt es nicht nur die Tonköpfe (was natürlich besonders wichtig ist), sondern auch aller-

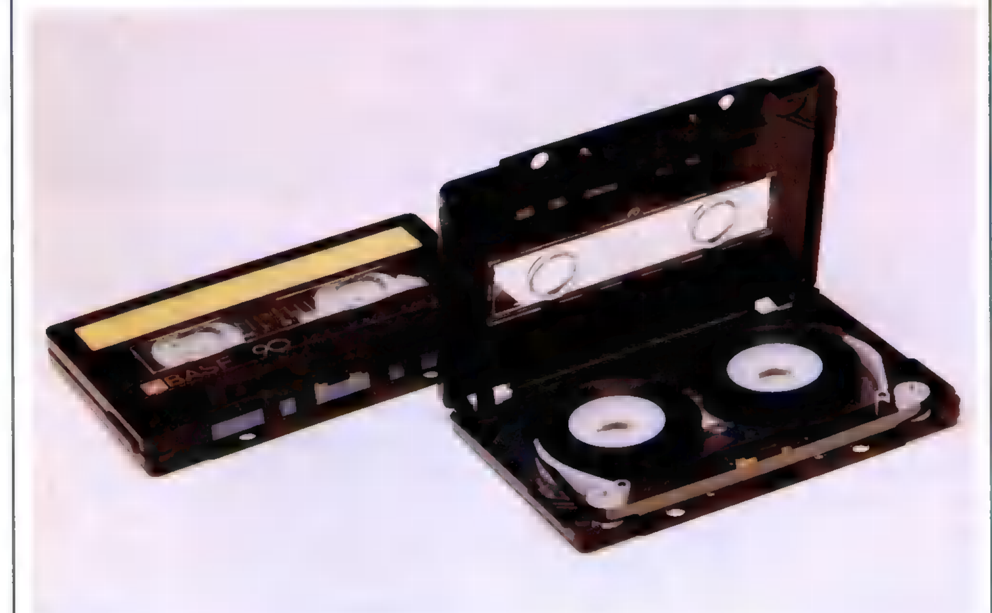


Abb. 17
Nicht zu unterschätzen ist die Rolle, die dem Gehäuse einer hochwertigen Cassette zukommt

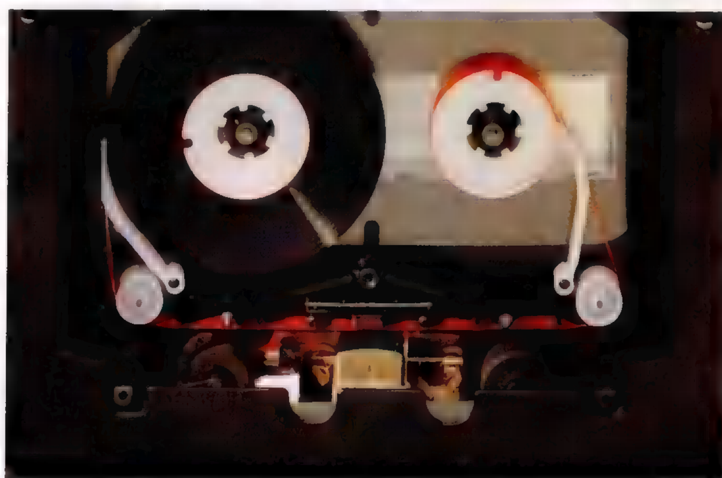


Abb. 18
Erst wenn die obere Gehäuseschale abgenommen wird, ist der Bandlauf in der Cassette zu erkennen (Kopfträger noch in Ruhelage)



Abb. 19
In Arbeitsstellung berührt das Band:
(A) Röllchen links,
(B) und (F) Stege links, (C) Löschkopf/Bandführung,
(D) Andruckrolle,
(E) Tonachse,
(G) Aufnahmekopf,
(H) Stift links,
(I) Andruckfilz,
(K) Wiedergabekopf,
(L) Stift rechts,
(M) und (N) Stege rechts, (O) Röllchen rechts

hand Rippen und Zapfen, die zur unteren Gehäuseschale gehören. Am meisten kommt es auf die beiden Stifte links und rechts neben dem Tonkopf an: sie bilden nämlich eine Art Widerlager, auf das sich das Tonband bei seinem Lauf über den Tonkopf (H, K und L in Abb. 19) abstützt. Steht einer dieser Stifte nur um eine Winzigkeit schräg, dann läuft auch das Tonband schräg über den Tonkopf. Es geht dabei zwar nur um minimale Winkel, die mit freiem Auge kaum zu erkennen sind. Aber die Auswirkung auf die Wiedergabe ist nicht zu überhören: plötzlich fehlen die Höhen, die Musik klingt stumpf und verschwommen. Mit den Qualitäten des Tonbandes haben diese Verluste allerdings nichts zu tun. Verantwortlich ist allein das Gehäuse.

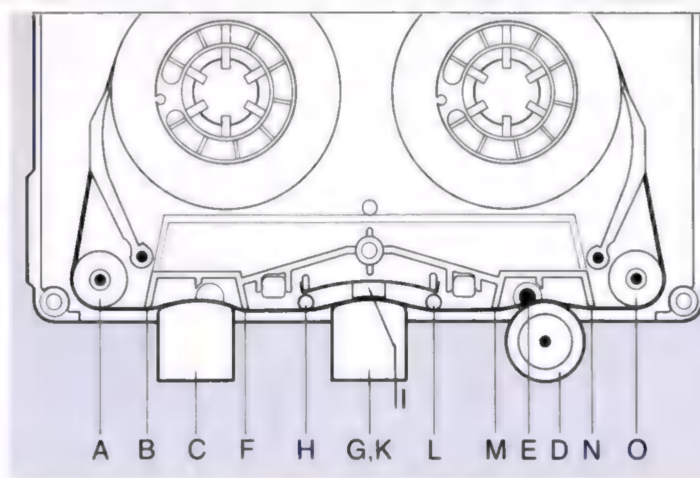


Abb. 20
So läuft das Tonband, wenn die Cassette in einem Recorder mit Kombinations-Tonkopf für Aufnahme/Wiedergabe (G,K) läuft; Bezeichnungen wie in Abb. 19

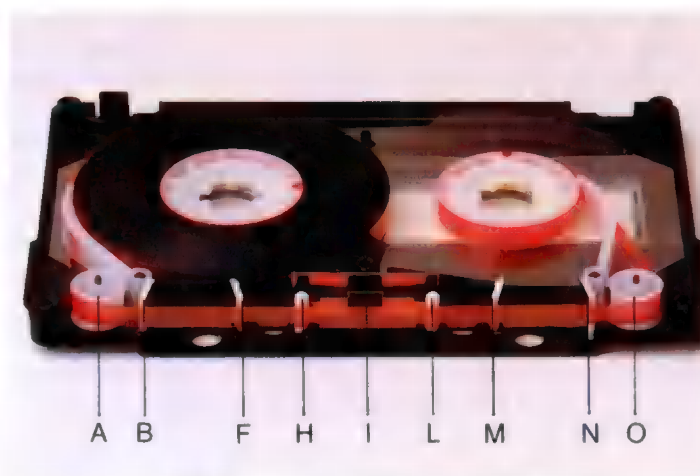
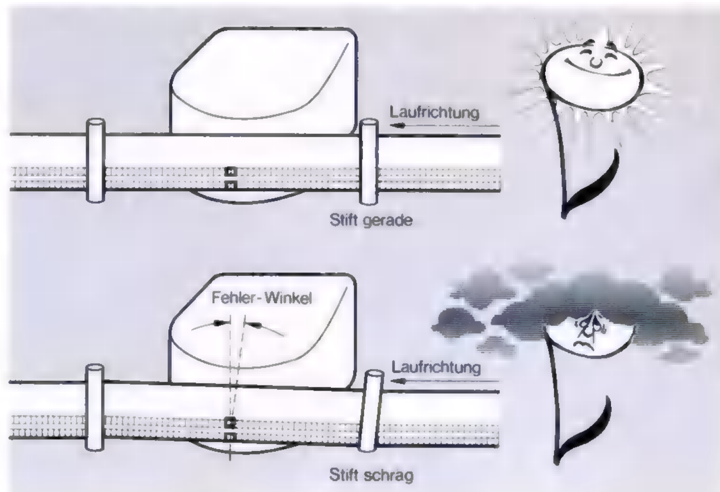


Abb. 21
Hier sind die „bandlaufbestimmenden Elemente" an der Cassettenfrontseite, nämlich Stifte, Stege und Röllchen, besonders hervorgehoben. An der geschlossenen Cassette sind sie nicht oder nur mit Mühe zu sehen.
Bezeichnung wie Abb. 19

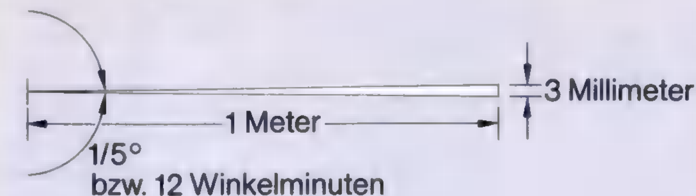
Wieso wirken sich solche scheinbaren Nebensächlichkeiten so stark auf die Wiedergabequalität aus?
In die Bandlauffläche der Magnetköpfe sind – kaum sichtbar – die Tonkopfspalte eingelassen. Ihre Breite liegt, je nach Anwendungszweck, zwischen 0,7 und etwa 5 Tausendstel Millimeter. Die Höhe ist 0,6 mm, das entspricht der Aufzeichnungsbreite einer Stereo-Spur auf dem Tonband. Beide Tonkopfspalte stehen exakt übereinander, wie es Abb. 22 zeigt. Vereinbarungs- und normgemäß muß nun das Tonband so über den Tonkopf laufen, daß Bandkante und Tonkopfspalte einen rechten Winkel (90°) bilden.

Abb. 22
Läuft das Cassettenband schräg über den Tonkopf, leidet die Höhenwiedergabe. Nur exakte Bandführung sichert das originale Klangbild



Bekanntlich laufen am Tonkopf in jeder Sekunde 4,76 cm oder 47,6 mm Tonband vorbei. Ist ein Ton aufzuzeichnen, der pro Sekunde 10.000 Schwingungen aufweist (seine Frequenz ist 10.000 Hz, gleich 10 kHz), so müssen eben diese 10.000 Schwingungen auf 47,6 mm Tonband aufgezeichnet werden. Mit ein wenig Taschenrechnerhilfe ergibt sich, daß *eine* Schwingung nicht mehr Platz als 4,76 Tausendstel Millimeter auf dem Tonband einnimmt. Grob schematisch dargestellt (Abb. 22), ist das Tonband jetzt in viele Rechtecke von knapp 5 Tausendstel Millimeter Breite (und 0,6 mm Höhe) eingeteilt. Auch ohne rechnerischen Nachweis kann man sich leicht vorstellen, daß die Aufzeichnung nur dann korrekt abgetastet wird, wenn der Tonkopfspalt immer genau senkrecht über diese Rechtecke hinwegfährt (in Wirklichkeit wird natürlich *das Tonband* über den Kopf hinwegtransportiert!). Läuft nun das Band aus irgendeinem Grund schräg über den Kopfspalt, dann wird die Aufzeichnung nicht mehr in voller Stärke wiedergegeben. Um beim obigen Beispiel zu bleiben: steht hier der Tonkopf nur um knapp $^1/_2$ Grad schräg, ganze 27 Winkelminuten, dann wird von dem 10 kHz-Signal *überhaupt nichts mehr* wiedergegeben. Das bedeutet: Obertöne ab etwa 8 kHz fehlen im Klangbild vollkommen – kein Wunder, daß die Wiedergabe stumpf und ausdruckslos klingt. Die Schrägstellung sollte auf jeden Fall kleiner sein als $^1/_5$ Grad, zwölf Winkelminuten. Aber auch das bedeutet schon, daß Signale von 10 kHz um 3 dB geschwächt werden. Das ist im unmittelbaren Vergleich mit einer exakt abgetasteten Aufzeichnung deutlich zu hören.

Abb. 23
Wenn Sie eine genauere Vorstellung von den Winkeln 27 bzw. 12 Minuten haben wollen: Zeichnen Sie zwei Punkte, die von der unteren Blattecke gut $^1/_2$ und etwa $1^1/_2$ mm entfernt sind, und verbinden Sie beide mit der oberen Blattecke!



Natürlich werden die Höhen auch dann nur geschwächt wiedergegeben, wenn – auch bei einwandfreiem Bandlauf in der Cassette – der Tonkopf schrägsteht. Ein Fachmann muß ihn wieder justieren. Die notwendigen Meßsignale sind auf den BASF Bezugs-Cassetten aufgezeichnet.

Stifte und Stege in der Cassette

Wir erinnern uns: Gibt es Höhenverluste, können die bandführenden Stifte in der Compact-Cassette dafür verantwortlich sein. Es kommt also alles darauf an, sie so präzise zu fertigen, daß sie keine Bandlaufabweichungen verursachen, sie also vollkommen senkrecht zu stellen. Aber was heißt „vollkommen" angesichts der „Größen"ordnungen, um die es hier geht?

Um das herauszufinden und um gleichzeitig den Einfluß unterschiedlicher Recorderkonstruktionen zu erfassen, haben Techniker der BASF eine extrem genaue Cassette für Meßzwecke gebaut, die Abb. 24 zeigt. Sie ist voll funktionsfähig (verständlicherweise nur auf einer Seite), denn Stifte und Stege sind wie in jeder Cassette angeordnet, aber von verstellbaren Stahlstiften nachgebildet. Um die gewollte Schrägstellung im Tausendstel-Millimeter-Bereich auch messen zu können, wurde eigens ein „Neigungsmeßgerät" konstruiert (Abb. 25). Damit werden auch Stifte und Stege von Cassetten der Serienproduktion gemessen.

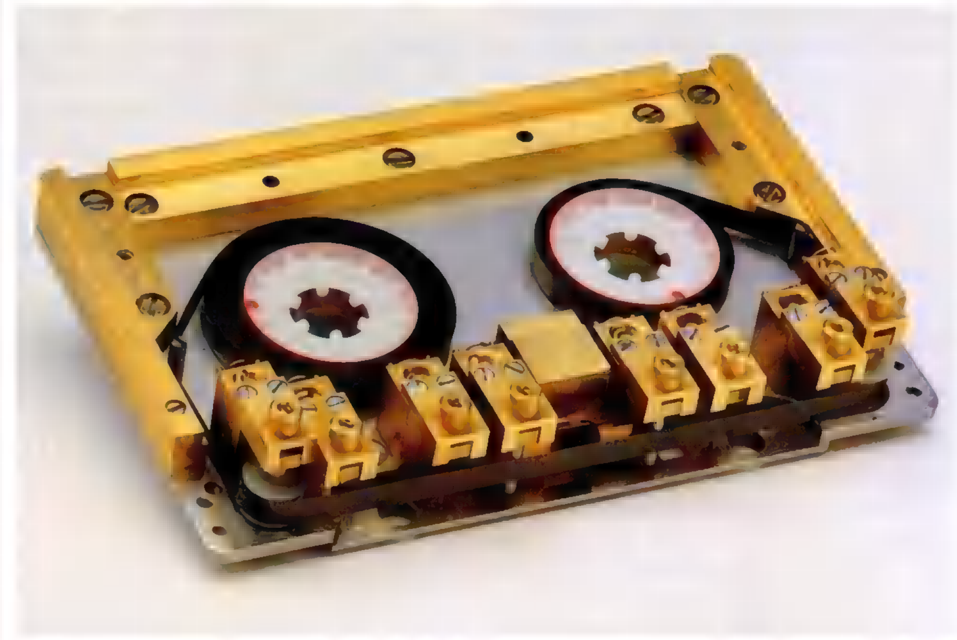


Abb. 24
Stifte und Stege der BASF Mechanik-Referenzcassette sind auf Tausendstel Millimeter genau einstellbar. Nur mit einem solchen Präzisionswerkzeug (eigener Herstellung!) können die für Serien-Cassetten zulässigen Toleranzen von Stiften und Stegen ermittelt werden

Abb. 25
Mit diesem Neigungs-Meßgerät – ebenso wie die Mechanik-Referenz-Cassette eine Eigenkonstruktion der BASF – werden Stifte und Stege vermessen



Umfangreiche, zeitaufwendige Versuche mit der Mechanik-Referenz-Cassette haben gezeigt, welche Schrägstellung von Stiften und Stegen noch tolerierbar ist, d.h., die Musikwiedergabe noch nicht hörbar beeinflußt.

Nach diesen Messungen wurde der notwendige Genauigkeitsgrad der Spritzgußwerkzeuge bestimmt. Auch hier geht es um wenige Tausendstel Millimeter. Das hört sich gut an, erfordert aber viel Arbeit beim Bau der Spritzgußformen und fortlaufende, strenge Kontrolle der Gehäusefertigung. Nur so ist die Präzision der modernen BASF Compact-Cassetten zu erreichen und zu halten. Natürlich kommt hier der BASF ihre lange Erfahrung in Sachen Spritzgußtechnik und Kunststoffe zugute.

Es nützt natürlich nichts, nur einen der beiden Stifte ordentlich senkrecht zu stellen. Die Cassette wird ja beidseitig betrieben: wenn die erste Seite bespielt ist, wird die Cassette gewendet und liegt nun „kopfüber" im Recorder. Damit haben die beiden Stifte ihre Position getauscht: der Stift, der vorher in Bandlaufrichtung „hinter" dem Tonkopf stand, führt jetzt das Band beim Einlauf an den Kopf; also muß auch er präzise senkrecht stehen (bzw. hängen). – Bei einigen Recordern, die für Aufnahme und Wiedergabe getrennte Tonköpfe benutzen (der Recorder in Abb. 19 gehört dazu), wird der Aufnahmekopf durch das kleine Fenster neben dem mittleren Hauptfenster an das Cassettenband herangeschoben. Die Widerlager des Bandes vor dem Aufnahmekopf sind also innerer linker Steg und linker Stift. Steht der Steg schief, so läuft das Tonband schräg über den Aufnahmekopf. Wird aber schon die Aufnahme schräg auf das Band geschrieben, gibt es – auch wenn das Band korrekt über den Wiedergabekopf läuft – ebenfalls Höhenverluste. Darum gelten auch für die Stege strenge Präzisionsforderungen.



Abb. 26
Stifte und Stege –
nicht zuletzt von ihrer präzisen Stellung hängt die Wiedergabequalität ab

Röllchen

Damit nicht genug: auch die kleinen Röllchen rechts und links im Vorderteil der Compact-Cassette sind Präzisionsteile. Sie müssen absolut rund laufen, die Achsen haben auf wenige Tausendstel Millimeter genau senkrecht zu stehen, denn jede Abweichung bringt das Band auf die „schräge Bahn". Das hat wieder Höhenverluste zur Folge. Wie sehr es sich lohnt, Präzisionsröllchen zu verwenden, zeigt Abb. 28: insbesondere bei hohen Tönen wurde so die Gleichmäßigkeit der Wiedergabe verbessert. Daß die Röllchen, denkbar weit von den Köpfen entfernt, je nach Recorderkonstruktion oft einen starken Einfluß haben, hängt wohl mit dem großen Umschlingungswinkel des Tonbandes zusammen. Je nach Bandzug (das ist die Kraft, mit der der Recorder das Band straff hält) werden die Achsen beim schnellen Umspulen besonders belastet. Sie müssen aber bei den enormen Drehzahlen senkrecht stehen bleiben: die Röllchen rotieren bis zu 6.000 mal in der Minute, also hundertmal pro Sekunde!

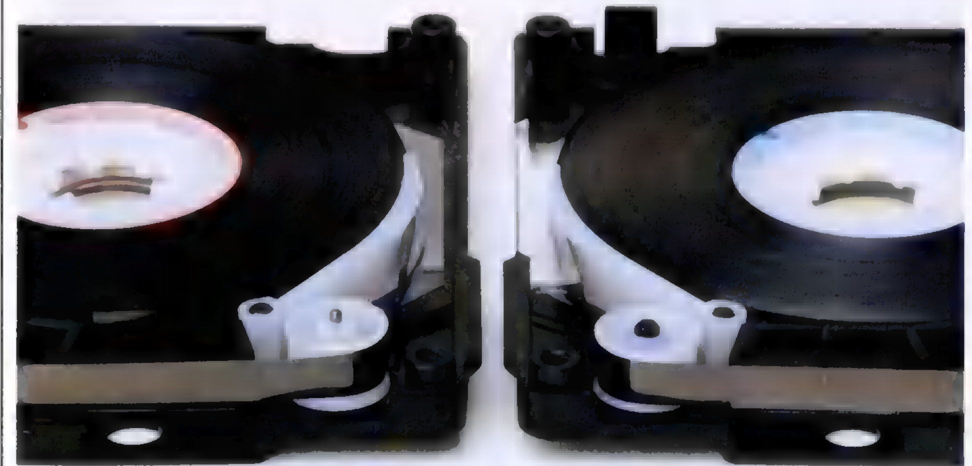


Abb. 27
Auch die kleinen Umlenkröllchen in der Cassette sind Präzisionsteile mit Einfluß auf den Bandlauf und damit auf die Wiedergabequalität (links auf Stahlachse, rechts auf Kunststoffachse)

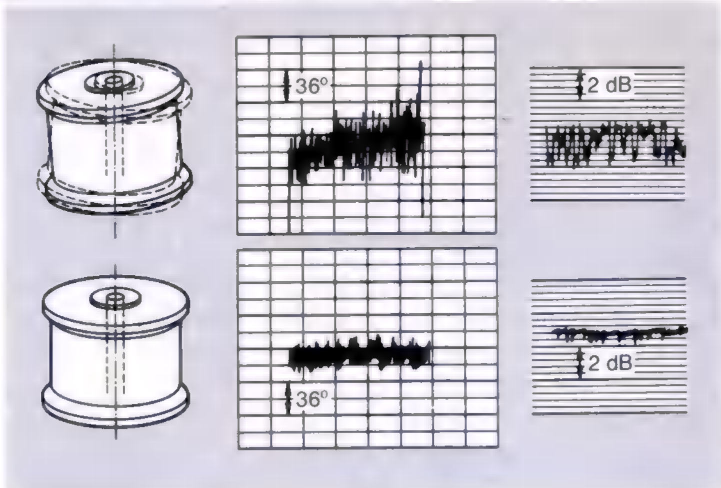


Abb. 28
Präzise Röllchen sorgen für gleichmäßige Wiedergabe; hier am Beispiel einer 10 kHz-Meßaufzeichnung zu sehen. Meßprotokoll links: Phasenschwankungen, rechts: Pegelstabilität (= gleichmäßige Lautstärke)

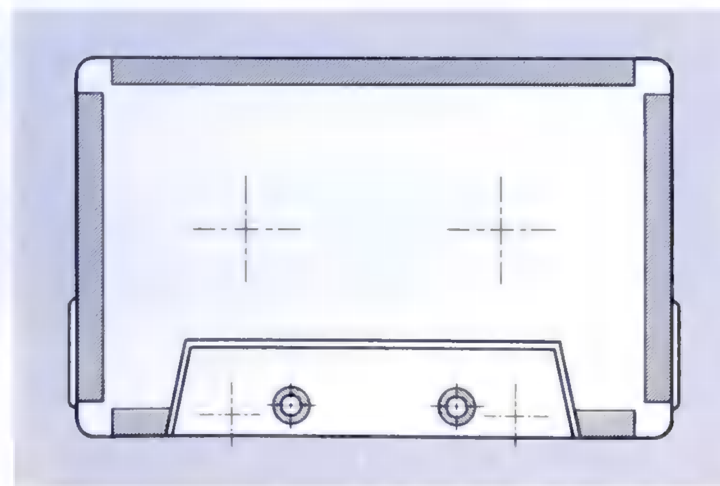
Neueste Untersuchungen der BASF haben gezeigt, daß nicht nur mit Stahlachsen (Durchmesser 1 mm) sehr gute Laufeigenschaften der Röllchen zu erzielen sind, sondern die Präzision mit sorgfältig konstruierten Kunststoffachsen (Durchmesser 2 mm) noch gesteigert werden kann. Wegen der größeren Stabilität der Kunststoffachse ist auch die Konstanz der Senkrechtstellung besser gesichert und damit der Einfluß auf den Bandlauf verkleinert worden.

Verwindungssteifigkeit

Das Kapitel Bandführung ist immer noch nicht abgeschlossen. Denn was würde die ganze Präzision bei Stiften, Stegen und Röllchen nützen, wenn das Cassettengehäuse verzogen oder verkantet wäre?

Was dahinter steckt, ist leicht erklärt: Recorder werden so konstruiert, daß die Auflage-Punkte (auf denen also die Cassette im Recorder 'aufliegt' oder gelagert ist) so verteilt sind, daß sie in den Bereich zu liegen kommen, den Abb. 29 schraffiert zeigt. Ist nun das Cassetten-Gehäuse verkantet (Ursache können Spritzguß- oder Montagefehler sein), kann es zwar auf den Lagerpunkten aufliegen, aber dann steht die Vorderfront, von den Tonköpfen aus gesehen, schräg. Das Tonband läuft schief über die Köpfe, und schon klingt die Musik wieder dumpf. Deshalb ist dafür zu sorgen, daß Cassetten-Front und -Korpus fluchten, oder anders gesagt: daß das Gehäuse so stabil wie möglich wird. Dazu tragen bei den modernen BASF-Cassetten auch die gehäusedicken, breiten Fenster bei, so daß es auch hier keine Schwachstelle gibt.

Abb. 29
Im Recorder muß die Cassette innerhalb der schraffierten Bereiche gelagert sein



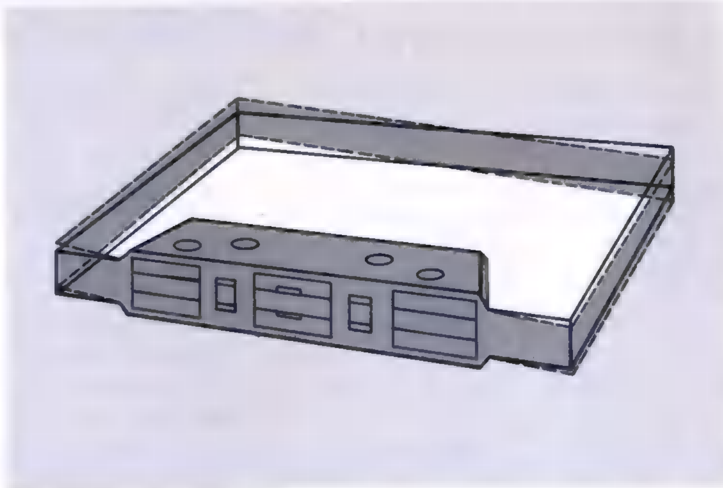


Abb. 30
Verzogene Gehäuse beeinflußen den Lauf des Tonbandes vor den Tonköpfen

Ein weiterer Beitrag zur Gehäusestabilität ist der temperaturbeständige Kunststoff, den BASF für die Cassettenteile verwendet. Cassetten wird ja manchmal tüchtig eingeheizt. Es kann zum Beispiel im Handschuhfach oder unter der Heckablage eines in der Sommersonne geparkten Autos sehr heiß werden. BASF-Cassetten vertragen auch Hitze: selbst nach 24 Stunden bei 84° Celsius sind sie noch betriebsfähig, wie regelmäßige Messungen unserer Labors beweisen.

Die BASF Sicherheits Mechanik SM

Jede BASF-Cassette trägt dieses Zeichen:



SM – Security Mechanism – Sicherheits Mechanik – was hat es damit auf sich? Es handelt sich um eine einfache, aber wirkungsvolle Vorrichtung, mit der sichergestellt ist, daß das Cassettenband auch unter ungünstigen Betriebsbedingungen glatt auf- und abgespult und geführt wird. Das ist wichtig, weil aus unebenen Bandwickeln einzelne Windungen leicht so weit herausstehen, daß sie umgeknickt und sogar beschädigt werden könnten – die Lautstärke im linken Stereokanal würde schwanken oder diese Spur womöglich ausfallen. Wenn die Unebenheit zu weit geht, kann der Bandwickel schließlich an den Gehäuseschalen festlaufen: die Cassette blockiert.

Hier setzt SM an: zwei bewegliche Hebel, an der Spitze flach U-förmig, führen das Tonband bis unmittelbar vor dem Auflaufen auf und nach dem Abspulen vom Bandwickel. Es hat gar keine Möglichkeit, nach oben oder unten auszuweichen; Lage für Lage wickelt sich sauber ab und wieder auf, der Bandwickel bleibt glatt und stufenfrei.

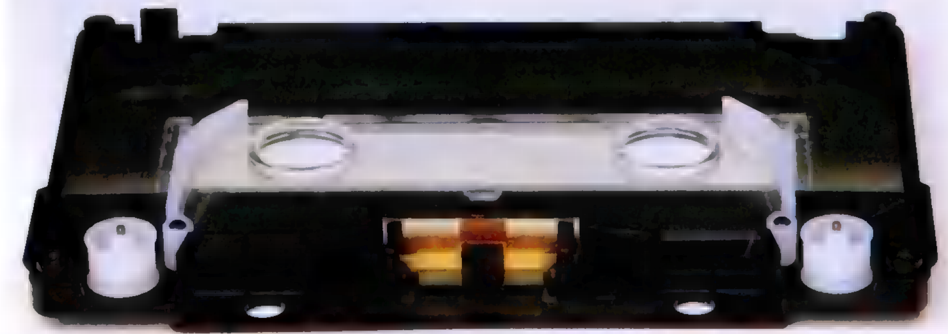


Abb. 31
Die SM-Hebel führen das Tonband an den Bandwickeln beim Abwickeln und Auflaufen in der richtigen Höhe und verhindern so, daß es nach oben oder unten wegläuft

Abb. 32



So löst die Sicherheits Mechanik SM Wickel- und Führungsprobleme des Tonbandes und macht damit BASF-Compact-Cassetten außerordentlich betriebssicher. Besonders, wenn Cassetten unter relativ ungünstigen Voraussetzungen betrieben werden, sorgt SM für problemlosen Bandlauf ohne Tonhöhenschwankungen oder Blockieren. Zwei Beispiele: im Auto oder im „walkman" am Hosengürtel beim Rollschuhlaufen, wenn also Erschütterungen den Bandtrasport erschweren. Das versteht BASF unter dem „Sicherheitsplus im Grenzbereich."

BASF besitzt inzwischen auf die Sicherheits Mechanik SM Patente in 30 Ländern.

Wir haben gezeigt, welche Einzelerkenntnisse BASF in Entwurf und Ausführung ihrer modernen Cassettengehäuse eingebracht hat. Stifte und Stege stehen sauber senkrecht, die Röllchen laufen rund, das Gehäuse ist stabil. Diese extreme Präzision wird aber nicht nur von ein paar handverlesenen Gehäusen verlangt, sondern von Millionen von BASF-Cassetten erwartet – Monat für Monat. Denn nur in einem perfekten Gehäuse wird ein perfektes Cassettenband zeigen, was es kann: Musik HiFi-perfekt wiedergeben.

Chromdioxid-Tonband für Musicassetten

Nicht nur bei Eigenaufnahmen, sondern auch bei Musicassetten – bereits bespielt angebotenen Cassetten – sorgt BASF chromdioxid II für frische Klänge. Mehr und mehr setzen qualitätsbewußte Musikproduzenten für ihr hochwertiges Repertoire hochwertiges Cassettenband ein, und da fällt die Wahl sehr oft auf BASF chromdioxid II. Musikkritiker bescheinigen diesen CrO_2-Musicassetten, daß gegenüber Schallplatten keine nennenswerten Qualitätsunterschiede festzustellen seien. In der Tat ist das Klangbild der Originalaufnahme von dem der Musicassette kaum noch zu unterscheiden. Dazu trägt auch elektronische Rauschunterdrückung (meistens Dolby B) ihren Teil bei.

Viele Chromdioxid-Musicassetten weisen heute eine technische Besonderheit auf: sie sollen mit einer Wiedergabe-Entzerrung (siehe Seite 43) von 120 µs abgespielt werden (üblich sind, wie bekannt, für Chromdioxid-Cassetten 70 µs). Deshalb fehlen auch die CrO_2-Erkennungsöffnungen im Gehäuserücken. Der Grund: beim Schnellkopieren laufen sowohl das Mutterband wie die Kopien mit 32- oder sogar 64-facher Geschwindigkeit, also mit 1,52 m/s bzw. 3,04 m/s, letzteres sind rund 11 km/h. Unter diesen Bedingungen ist es oft nicht möglich, die Cassettenbänder in den Höhen so weit auszusteuern wie bei der Normalgeschwindigkeit 4,76 cm/s. Setzt man eine Wiedergabeentzerrung von 120 µs voraus, kann die Höhenaufzeichnungsfähigkeit von chromdioxid II besser ausgenutzt werden. Dank seiner hohen Dynamik und der elektronischen Rauschunterdrückung fällt das leicht erhöhte Rauschen (wegen der Entzerrung mit 120 µs) nicht ins Gewicht. Resultat ist ein freies, unverzerrtes Klangbild, auch bei anspruchsvollster Musik.

Wenn Sie im Zweifel sind, für welche Entzerrung eine Chromdioxid-Musicassette bestimmt ist, finden Sie auf dem Etikett oder dem Einlegeblatt die nötigen Angaben.

Auch BASF chromdioxid super II wird für eine bespielte Cassette eingesetzt: für die „Testcassette" des Deutschen Hifi-Instituts (dhfi). Auf der ersten Seite dieser Cassette sind Meßsignale aufgezeichnet, die, zusammen mit dem ausführlichen Begleitheft, eine rasche und gründliche Überprüfung der Qualität und des technischen Zustands eines Recorders erlauben. Die zweite Seite enthält ausgesuchte Musikbeispiele, die unmittelbar vor einer digitalen Mutteraufnahme überspielt sind. Diese Musikstücke zeigen, welche Wiedergabequalität heute mit Compact-Cassetten zu erreichen ist, sie stellen aber auch hohe Anforderungen an die gesamte Wiedergabeanlage.

Abb. 33
BASF liefert an Musicassettenhersteller sogenannte Rohwickel, unbespieltes Chromdioxid-Cassettenband auf einem Wickelkern. Das Tonband auf jedem der hier gezeigten Rohwickel ist 2400 Meter lang – ausreichend für zweimal 14 Stunden Spielzeit oder etwa 35 Musicassetten mit 2 x 25 Minuten Spielzeit



Abb. 34
Die Test-Cassette des Deutschen Hifi-Instituts (dhfi)



Abb. 35
Nicht nur in Compact-Cassetten für die Tonaufzeichnung tut BASF Chromdioxid gute Dienste: es läßt sich dem gewünschten Verwendungszweck so exakt anpassen, daß es auch BASF Videocassetten zu erstklassigen Aufzeichnungseigenschaften verhilft



Abb. 36
Neben dem Compact-Cassetten-Sortiment produziert BASF auch hochwertige Tonbänder für Spulengeräte. Sie werden nach wie vor von ernsthaft arbeitenden Tonbandamateuren für Originalaufnahmen wegen der vielfältigen Bearbeitungsmöglichkeiten, zum Beispiel Schnitt und Montage, bevorzugt. Für niedrige Bandgeschwindigkeiten auf geeigneten Geräten besonders zu empfehlen: das Chromdioxid-Heimtonband LPR 35 CR EE – Extra Efficiency

Stichwörter, kurz erklärt

Arbeitspunkt – derjenige > Vormagnetisierungsstrom, bei dem > Tiefen- und > Höhenaussteuerbarkeit im günstigsten Verhältnis zueinander

Aufnahmeverstärker – er liefert die Energie an den Aufnahme- > Tonkopf, mit der dieser das Tonband „bespielt". Außerdem sorgt der Aufnahmeverstärker für die nötige Aufnahme-> Entzerrung, d.h., für den Teil der bei der Tonbandaufzeichnung notwendigen Höhenanhebung, der auf den Aufnahmevorgang entfällt

Bezugsband – ein mit exakt bemessenen Prüfsignalen bespieltes Tonband, das zur genauen Justierung des > Wiedergabeverstärkers dient. Das B. enthält unter anderem Aufzeichnungen, mit denen der > Tonkopf-Spalt exakt senkrecht zur Bandlaufrichtung, der > Wiedergabeverstärker auf geradlinigen > Frequenzgang eingestellt wird (siehe auch Referenzleerband)

Charge – Bezeichnung für eine Produktionsmenge – hier Tonbänder –, deren Magnetmaterial aus *einem* Ansatz stammt

Chromdioxid – chemische Bezeichnung CrO_2, Magnetmaterial zur Beschichtung der sogenannten Chromdioxid-Compact-Cassetten, die sich durch hohe Dynamik, vor allem aufgrund des niedrigen > Grundrauschens von Chromdioxid, auszeichen; > IEC-Klasse 2

Chrom-Substitute – Tonbänder, deren magnetisch aktive Substanz aus kobaltdotiertem Eisenoxid besteht, die aber aufgrund ihres > Vormagnetisierungsstrom-Bedarfs in die Chromdioxid-Klasse fallen; > IEC-Klasse 2

Dezibel – Abkürzung dB: ein in der Übertragungstechnik vielverwendetes Verhältnismaß (keine Maßeinheit), das wesentlichen Eigenheiten des Gehörs (logarithmische Skala!) besser entspricht als gleichmäßig (linear) geteilte Skalen

Dynamik – im Sprachgebrauch der Tonbandtechnik der nutzbare Aufzeichnungsspielraum zwischen > Vollaussteuerung und > Grundrauschen

Eisenoxid – chemische Bezeichnung Fe_2O_3, Magnetmaterial zur Beschichtung der sogenannten Eisenoxid-Tonbänder; > IEC-Klasse 1

Entzerrung – im allgemeinen der in der Tonbandtechnik auf die Wiedergabe entfallende Teil der Höhenanhebung; sie ist so zu bemessen, daß sich beim Abspielen des genormten > Bezugsbands ein geradliniger > Frequenzgang ergibt. Im weiteren gehört zur Entzerrung auch der auf den > Aufnahmeverstärker entfallende Teil der Höhenanhebung (und die Kompensation des sogenannten Omega-Gangs)

Frequenz – Anzahl der Schwingungen z.B. eines Tons in *einer* Sekunde, Einheit Hertz (also 1 Hertz = 1 Hz =

1 Schwingung pro Sekunde; größere Einheit: Kilohertz, kHz, gleich 1000 Hz); je größer die Frequenz eines Tones, umso höher die Tonlage

Frequenzgang – technisch korrekt: die grafische Darstellung der Abhängigkeit des >Pegels von der > Frequenz; meist ist der „geradlinige" Frequenzgang gemeint, also die geforderte gleichmäßige Übertragung und Wiedergabe aller Tonlagen innerhalb enger Toleranzen

Geräuschspannungsabstand – normgerechter Ausdruck für Dynamik; Pegeldifferenz zwischen > Vollaussteuerung (bei besonderer Kennzeichnung auch Bezugspegel) und gehörrichtig bewertetem > Grundrauschen

Grundrauschen – u.a. bei der Wiedergabe von Tonbändern auftretendes Störgeräusch, das den Aufzeichnungsspielraum nach „unten" hin begrenzt; kann durch geeignete Wahl des Magnetmaterials (> Chromdioxid), der > Entzerrungs- > Zeitkonstante und mit Hilfe elektronischer Rauschminderung genügend klein gehalten werden

Höhenaussteuerbarkeit – Meßwert für die Obergrenze der Aussteuerbarkeit bei hohen Frequenzen (meist 10 und/oder 12,5 kHz), im allgemeinen als Sättigungswert des Tonbandes gemessen und somit nur für Meßvergleiche zu verwenden; die praktisch nutzbare H. liegt 3...4 dB niedriger

IEC – International Electrotechnical Commission, Internationales Normungsgremium für die Elektrotechnik. Für die Kompatibilität innerhalb des Compact-Cassetten-Systems besonders wichtig: die international verbindliche Empfehlung IEC 94, die die gültigen Meßverfahren für Aufzeichnung und Wiedergabe mit (Analog-) Tonbändern beschreibt

Klirrfaktor – der in Prozenten ausgedrückte Anteil der z.B. von einem Tonband oder Verstärker verursachten Störsignale am Gesamtsignal; Kennzeichen der > Vollaussteuerung beim Tonband ist ein K. von 3 %, gemessen bei 315 Hz, wie in der Compact-Cassetten-Technik, oder 1 kHz (Heimtonband- und Studiotechnik)

Kopfträger – ein beweglich gelagertes Bauelement im Recorder, auf dem die > Tonköpfe und die Andruckrolle angebracht sind (das Tonband wird von der Andruckrolle an die rotierende Tonachse – englisch Capstan – gedrückt und so mit gleichmäßiger Geschwindigkeit transportiert)

Magnetkopf – > Tonkopf

Musicassetten – bespielt angebotene Compact-Cassetten; die Löschsicherunggslaschen sind entfernt, so daß diese Cassetten nicht versehentlich gelöscht werden können; das Cassettenband wird meist mit 32- oder 64-facher Originalgeschwindigkeit außerhalb der Cassette bespielt und anschließend eingespult

Pegel – meßtechnischer Begriff, oft mit Lautstärke gleichzusetzen und in > dB angegeben

Referenzleerband – ein Tonband für Meßzwecke, dessen elektro-akustische Kompatibilitäts-Kennwerte (Arbeitspunkt, Frequenzgang, Empfindlichkeit) genau definiert sind; IEC 94 schreibt für jede der vier IEC-Klassen ein Referenzleerband vor. Es dient vor allem zum normgerechten Einmessen des > Aufnahmeverstärkers und als Basis für Meßvergleiche

Röllchen – siehe Umlenkröllchen

Rohwickel – in Längen von z.B. 2400 m an > Musicassetten-Hersteller (Duplizierer) geliefertes Cassettenband, meist freitragend auf Wickelkernen aufgespult

Sicherheitsmechanik SM – zwei Führungshebel, die das Cassettenband bis zum Auflaufen auf den Bandwickel führen und so verhindern, daß einzelne Bandlagen heraussstehen und beschädigt werden können; Entwicklung der BASF (geschützt durch Patente und Warenzeichenrechte)

Steg – rippenförmiges, bandlaufbestimmendes Bauelement der Compact-Cassette; die bandberührende Kante muß exakt senkrecht zur Bezugsebene (siehe IEC 94, Teil 5) verlaufen

Stift – zapfenförmiges, bandlaufbestimmendes Bauelement der Compact-Cassette; Anforderungen: > Steg

Tiefenaussteuerbarkeit – Obergrenze des Aufzeichnungsspielraums bei niedrigen Frequenzen, in der Compact-Cassetten-Technik bei 315 Hz gemessen, Kennzeichen: ein > Klirrfaktor von 3 %

Tonkopf – er wandelt elektrische Ströme in Magnetfelder um, die das Tonband magnetisieren (Aufnahme) oder auf dem Tonband gespeicherte Magnetfelder in elektrische Spannungen um (Wiedergabe). Häufig ist für Aufnahme und Wiedergabe nur *ein* Tonkopf vorhanden; in aufwendigeren Geräten werden die Funktionen auf zwei Köpfe verteilt. Der Löschkopf löscht vor jeder Aufzeichnung eventuelle frühere Aufnahmen

Umlenkröllchen – zylindrisches, rotierendes, bandlaufbestimmendes Bauelement zur Bandumlenkung in der Compact-Cassette; gefordert sind exakt bearbeitete Bandlaufflächen, präziser Rundlauf und dauerhafte Senkrechtstellung der Achse

Verwindung – unerwünschte Verformung des Cassettenkörpers; muß wegen ungünstigen Einflusses auf den Tonbandlauf in engen Grenzen gehalten werden

Verzerrung – unerwünschte Störsignale elektroakustischer Geräte, auch der Tonbänder, zum Originalklang, müssen unterhalb der Lästigkeitsgrenze bleiben; > Klirrfaktor

Vollaussteuerung – Bezeichnung für die Obergrenze des Aufzeichnungs- oder Übertragungsspielraums, gekennzeichnet durch einen > Klirrfaktor von z.B. 3 %

Vormagnetisierung – Um optimale Aufzeichnungseigenschaften eines Tonbandes zu erreichen, fließt während der Aufnahme zusätzlich zum Signalstrom (dem elektrischen Abbild z.B. der Musik) ein V.-Strom hoher Frequenz (ca. 80...120 kHz) durch den (> Aufnahme-) > Tonkopf. Der V.-Strom, bei dem das beste Verhältnis zwischen > Tiefen- und > Höhenaussteuerbarkeit erreicht wird, heißt > Arbeitspunkt.

Wiedergabeverstärker – er verstärkt die vom Wiedergabe- > Tonkopf gelieferte Spannung soweit, daß sie zur Ansteuerung eines Leistungsverstärkers für Lautsprecher ausreicht. Daneben sorgt der W. für die normgerechte > Entzerrung, d.h., für den Teil der in der Tonbandtechnik notwendigen Höhenanhebung, der auf die Wiedergabe entfällt (außerdem für die Kompensation des sog. Omega-Gangs)

Zeitkonstante – eine Meßzahl, die den Betrag der im > Wiedergabeverstärker notwendigen > Entzerrung beschreibt. In der Compact-Cassetten-Technik üblich sind Z. von 70 und 120 µs. Je größer die Z., umso größer die Höhenanhebung. Die Z. 3180 µs steht für eine Tiefenabsenkung bei Wiedergabe, die durch eine gleichgroße Anhebung während der Aufnahme möglich wird; damit werden Störungen (Netzbrummen) verringert Die Einheit µs (Mikrosekunde, Millionstel Sekunde) ergibt sich aus der technischen Definitionsmethode; der Zusammenhang mit der Zeiteinheit Sekunde ist recht verwickelt



Abb. 37
In Willstätt, zwischen Offenburg und der Europastadt Straßburg, liegt das moderne Magnetbandwerk der BASF

BASF Aktiengesellschaft
D-6700 Ludwigshafen


BASF